

Posudek dizertační práce

Název práce: Využití interferometrie v VT UHV SPM

Autor: Ing. Dalibor Šulc

Práce se zabývá rozvojem metod detekce výchyly držáku hrotu v mikroskopii atomárních sil pomocí interferometru. Jedná se o velmi aktuální téma zejména v oblasti speciálních mikroskopů vhodných pro integraci do různých hybridních zařízení. Z pohledu metrologie je nicméně také zajímavé, že se jedná o metodu detekce, která umožňuje dosáhnout značně vyšší přesnosti měření, než v současné době komerčně nejčastěji využívaná metoda detekce výchyly odrazem laserového svazku v kombinaci s kvadrantním fotodetektořem. Samotné využití vláknového interferometru již bylo v literatuře dokumentováno a je součástí různých experimentálních zařízení (v minulosti bylo dokonce nabízeno i komerčně). Cílem práce je především vyvinout technické řešení této detekční metody pro dva různé specializované mikroskopy, jeden na Brookhaven National Laboratory a jeden na VUT v Brně. Přestože konstrukce samotného vláknového interferometru je ve své podstatě jednoduchý problém, vyřešení všech otázek stability, opakovatelnosti měření a seřizování zařízení vyžaduje značné úsilí, a to je také patrně důvodem, proč je tato metoda tak zřídka využívána.

Dizertační práce je členěna do logicky navazujících kapitol popisujících jednotlivá experimentální zařízení na jejichž konstrukci se autor podílel. Kapitoly 1-3 je možné chápat jako teoretický úvod a shrnutí současného stavu problematiky. V kapitole 4 je popsána elektronika pro UHV SPM využívaná na pracovišti autora, na jejímž návrhu se autor podílel. Ačkoliv se z pohledu zadání práce tato část jeví jako spíše okrajová, považuji ji za velmi zdařilou, ačkoliv by bylo vhodné prezentovat zde více experimentálních výsledků vztahujících se k samotné elektronice (stabilita, šum apod.). V kapitole 5 je popsána implementace interferometrického odměřování v zařízení v Brookhaven National Laboratory. Jedná se o nejucelenější část dizertační práce a výsledky jsou velmi pozoruhodné. Oproti předchozím kapitolám pak bohužel kapitola 6 vyvolává poněkud rozpačitý dojem; ačkoli je zde popsáno množství dílčích experimentálních zařízení, je zde prezentováno minimum výsledků a výsledná sestava, ke které kapitola logicky směřuje, zůstala ve fázi předběžných experimentů. To by samo o sobě nevadilo, nicméně bylo by vhodné podstatně více přiblížit výsledky předběžných měření, když ne v práci, tak alespoň při obhajobě.

K prezentovaným výsledkům a technickému řešení je možné mít následující dotazy a připomínky:

- V odstavci 1.3.1 je poněkud nešťastná úvaha o absenci zakmitnutí držáku hrotu, pokud bychom měření silové křivky provedli dostatečně pomalu. Bylo by vhodné vysvětlit, jak byla tato formulace myšlena.
- V odstavci 1.3.4 je jako nevýhoda poklepového režimu uvedeno možné poškození hrotu i vzorku, v praxi se ovšem tento režim právě pro měření takových vzorků používá - domnívám se, že se jedná o nevhodnou formulaci.
- V odstavci 1.3.5 je zmíněno, že pro speciální režimy jako je PeakForceQNM je používán pouze jeden konkrétní typ hrotu; není tomu tak, viz např. stránky bruker.afmprobes.com.
- Jaké jsou vlastnosti vyvinutého vysokonapěťového zesilovače (šum, stabilita, výstupní proud apod.)? Lze ho srovnat s komerčně dostupnými zesilovači?

- Obdobně, jaké jsou vlastnosti zesilovače pro PSD? Proč se v zesilovači neprovádí dělení součtem všech kvadrantů, jako to bývá často doporučováno v katalogových listech PSD?
- Zohledňuje se při výběru laserového zdroje pro interferometr zda je jednomódový? Uváděná dioda tuto vlastnost má, ale v práci se tento parametr nezmiňuje.
- Na str. 69 v popisu optocoupleru je zmíněno, že význam rozdělení 99:1 bude uveden dále. Kde to je, jedná se o diskuzi světla odraženého zpět do laseru?

Disertační práce je přehledně formulovaná a získané výsledky jsou dostatečně zdokumentované. Za největší pozitiva práce považuji výsledky získané v Brookhaven National Laboratory a konstrukci elektronických prvků pro mikroskop vyvíjený na VUT v Brně. Práci doporučuji k obhajobě a k udělení akademického titulu doktor.

V Brně dne 20. 11. 2015

**Mgr. Petr Klapetek, PhD.
Český metrologický institut**